

Ozonholdig vann mot tørråte i potet

NORSØK RAPPORT | VOL. 6 | NR. 5 | 2021



[Atle Wibe¹, Tatiana Rittl¹, Anne-Kristin Løes¹, Ivar Bakken², Bjørn Karlsen³]
[¹NORSØK, ²Sunndal Potet AS, ³REDOX AS]

TITTEL

Ozonholdig vann mot tørråte i potet

FORFATTERE(E)

Atle Wibe, Tatiana Rittl, Anne-Kristin Løes, Ivar Bakken, Bjørn Karlsen

DATO:	RAPPORT NR.		PROSJEKT NR.:
27.05.2021	Vol 6/nr 5/2021	Åpen	H2020 GA774340; NORSØK prosjekt 3104
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER:	ANTALL VEDLEGG:
978-82-8202-123-4		28	0

OPPDRAUGSGIVER:

Organic-PLUS/Norges forskningsråd

KONTAKTPERSON:

Atle Wibe

STIKKORD:

Phytophthora infestans, soppsjukdom, ozon, O₃

Phytophthora infestans, fungal disease, ozone, O₃

FAGOMRÅDE:

Plantevern

Plant protection

SAMMENDRAG:

Sommeren 2019 testet vi effektiviteten av ozonert vann mot tørråte i poteter i et feltforsøk på Tingvoll gard. Vi ønsket å evaluere effekten av å behandle tørråteinfiserte settepoteter med ozonert vann og effekten av å spraye ozonert vann på potetblader infisert med denne soppsykdommen. For å være sikker på at settepotetene var infisert før forsøket startet ble de sprayet med en vannløsning med soppsporer fra tørråte. To dager seinere ble settepotetene delt i fire forsøksledd der ett ledd var uvasket og ikke behandlet med ozon; ett ledd var vasket med vann, men ikke behandlet med ozon; ett ledd var vasket med vann og deretter behandlet med ozonholdig vann i 10 sekunder; og ett ledd var vasket med vann og behandlet med ozonholdig vann i 3 minutter. Etter at potetene var plantet og begynte å spire ble bladene sprayet en gang i uken gjennom hele vekstsesongen med enten rent vann fra springen eller ozonert vann. Forsøksfeltet ble delt inn i 6 blokker, som hver ble delt i to underblokker. Den ene underblokken ble sprayet med springvann, og den andre underblokken med ozonholdig vann. Hver underblokk inneholdt fire forsøksruter (rader) hvor de fire forbehandlingene av settepotetene var tilfeldig fordelt i hver sin rad. Følgende registreringer ble gjort i løpt av vekstsesongen: oppspiring, høyde potetris, infeksjonsgrad på bladene (to datoer) og avling av knoller.

Oppspiringen ble ikke påvirket av forbehandling av settepotetene.

Det var små forskjeller i bladhøyde mellom potetplanter som ble sprayet med vann fra springen og planter som ble sprayet med ozonert vann.

Ved første vurdering av omfanget av tørråteinfeksjon, 30. august 2019 var det en sikker, og positiv effekt av ozonbehandling. Uavhengig av hvordan settepotetene var forbehandlet var det ca. 7 % mindre infeksjon på bladene der potetriset var jevnlig sprayet med ozonert vann ($P=0,022$). Det indikerer at spraying med ozonert vann kan redusere utviklingen av tørråte på potetris. Ved den andre vurderingen var tørråteangrepet økt, og det var ikke lenger noen sikker effekt av ozonbehandlingen.

Det ble registrert små forskjeller i avling mellom gruppene. Det var størst avling i forsøksleddet med poteter som hadde blitt forbehandlet med ozonert vann i 3 minutter før planting og hvor potetriset ble sprayet med ozonert vann under hele vekstperioden, men forskjellen var ikke statistisk sikker.

Vi hadde forventet at ozonbehandling av settepoteter skulle tatt knekken på tørråtesporene som settepotetene var smittet med. Det var imidlertid ingen forskjell mellom de ulike forbehandlingene med hensyn til tørråteangrep vurdert 30. august. Ozonbehandlingen av settepotetene foregikk to døgn etter påføring av tørråtesmitten og dette tidsrommet var sannsynligvis tilstrekkelig til at soppen vokste inn i selve knollen og ikke ble drept av ozonbehandling. På den andre siden viste forsøket at settepoteter spirer like godt selv etter en behandling med ozonert vann i 3 minutter med 6 ppm ozon.

Det er interessant at jevnlig spraying av potetriset med ozonert vann i felt ga en betydelig reduksjon i angrepet bladareal vurdert på første observasjonsdato. Dette viser at ozon kan ha en effekt på tørråtesoppen, og dette bør undersøkes nærmere. Med den betydelige smitten av tørråte som vi hadde i dette forsøket var ikke effekten av ozonert vann tilstrekkelig til å gi effekt på rishøyde eller avling av knoller, men det er mulig at sprøyting med ozonert vann kan gi beskyttelse mot luftbåren smitte. Egne forsøk og praktisk erfaring i andre land har vist at ozonert vann kan redusere soppskader som skyldes luftbåren smitte i jordbærfelt og drueplantasjer, da for soppsjukdommen gråskimmel.

SUMMARY:

In this study we have tested the efficiency of ozonised water against late blight (*Phytophthora infestans*) in potatoes. We wanted to evaluate the effect of treating late blight infected seed potatoes with ozonised water and the effect of spraying ozonised water on potato leaves infected with this fungal disease. To be sure the seed potatoes were infected before the onset of the study, a slurry with late blight pathogens was sprayed onto the potatoes. Two days later, the seed potatoes were divided into four treatments, where one treatment was not washed and not treated with ozone; one treatment was washed in tap water but not treated with ozone; one treatment was washed in tap water and treated with ozonated water for 10 seconds; and one treatment was washed in tap water and treated with ozonated water for 3 minutes. After seeding of the potatoes and the onset of germination, the leaves were sprayed once a week during the whole growing

season with tap water or ozonised tap water. For this study, a Split Plot Design were used with 6 blocks of 2 main plots (tap water spray or ozone water spray), each split into 4 experimental plots corresponding to the pre-treatments of seed potatoes. The following recordings were done during the growing season: germination level, canopy height, late blight assessment (twice) and yields of tubers.

There were no differences in germination for the pre-treatments of seed potatoes. This indicates that ozonised water did not affect the germination of the potatoes.

The differences in canopy height between leaves sprayed with tap water or ozonised water were also small.

In the first lite blight assessment, potato leaves sprayed with ozonised water had about 7 % less infection than those sprayed with tap water. This was a statistically significant difference ($p < 0.022$). This result indicates that spraying of ozonized water may supress development of late blight on potatoes leaves.

The highest yields of potato tubers were found in for potatoes treated with ozonised water for 3 min before seeding and regularly sprayed with ozonised water during the summer. However, the differences in yields between treatments were not statistically significant.

Although this study indicated that treating potato foliage with ozonised water may supress late blight disease, the efficiency of this treatment on heavily infected potatoes is not strong enough to be recommended. Possibly, spraying with ozonised water may protect potatoes from airborne pathogens of late blight. This has been demonstrated for wine grapes and strawberries infected by airborne pathogens of grey mould (*Botrytis cinerea*).

LAND:	Norge
FYLKE:	Møre og Romsdal
KOMMUNE:	Tingvoll

GODKJENT	FORSØKSLEDER
Turid Strøm	Atle Wibe
DAGLIG LEDER	FORSKER

Forord

Sopp sykdommen tørråte er en stor utfordring for potetdyrkere. Sopp sporene spres lett med vinden og får potetriset til å visne og potetknollene til å råtne. Konvensjonelle potetdyrkere bruker derfor betydelig mengder med kjemiske sprøytemidler for å kontrollere sykdommen. Innen økologisk potetproduksjon har man få direktetiltak for å hindre spredning av sykdommen.

Denne rapporten omhandler gjennomføring og resultater fra en arbeidsoppgave i Horizon2020 prosjektet Organic-PLUS, «Pathways to phase-out contentious inputs from organic agriculture in Europe» (2018-2022), GA774340. Prosjektet ledes av Ulrich Schmutz ved Centre for Agroecology, Water and Resilience, Coventry University, England, og NORSØK er en av partnerne i konsortiet. Hovedmålet til Organic-PLUS er å finne alternativer til bruken av uønskede innsatsfaktorer i økologisk landbruk som for eksempel kopperpreparater mot sopp sykdommer blant annet i potet. Kopperpreparater er typiske innsatsfaktorer som er uønsket siden kopper akkumuleres i jord og er giftig for organismer som lever i jord og vann. I tillegg kan kopper ha negativ innvirkning på human helse.

Kopperpreparater er mye brukt innen økologisk landbruk i Europa. I Norge ble slike midler tillatt brukt i økologisk dyrking først i 2017, og kun ett kopperholdig produkt er godkjent for slik bruk.

Ozon er et sterkt oksidasjonsmiddel og om det blandes i vann kan det brukes som et desinfeksjonsmiddel mot sykdommer forårsaket av virus, bakterier og sopp sporer. I Norge brukes ozonert vann blant annet i oppdrettsnæringen og ved enkelte meierier. I andre land som USA er ozonert vann tillatt brukt som plantevernmiddel mot sopp sykdommer i vindruer. Om vi kan vise at ozonert vann er egnet til å kontrollere tørråte i Norge, kan denne kunnskapen overføres til andre land. Det ville kunne redusere bruken av kopperpreparat.

Ved NORSØK var Atle Wibe leder for et feltforsøk som undersøkte dette, i samarbeid med Sunndalspotet AS v/Ivar Bakken og REDOX AS V/Bjørn Karlsen og Sigmund Røeggen. Feltverter var Erik Lindhardt og Anne de Boer, forpaktere av Tingvoll gard. Tatiana Rittl sto for mye av det praktiske feltarbeidet, og har gjort de statistiske analysene. Anne-Kristin Løes koordinerer NORSØK sin innsats i Organic-PLUS og har redigert rapporten.

Før gjennomføring av forsøkene med bruk av ozonert vann i felt ble det innhentet godkjenning fra Mattilsynet om dispensasjon fra forskrift om plantevernmidler.

NORSØK takker alle som har bidratt i gjennomføringen av arbeidsoppgaven, og Europakommisjonen for finansiering av hovedprosjektet Organic-PLUS. Vi takker også Norges forskningsråd som gjennom en ordning med forsterkningsmidler til norske deltakere i prosjekt innen EUs rammeprogram har gjort det mulig å tilrettelegge og utgi denne rapporten på norsk.

Tingvoll gard - 27.05.21

Turid Strøm Daglig leder
NORSØK

Innhold

1	Innledning.....	7
1.1	Tørråte i potet.....	7
1.2	Bruk av kopper i plantevern.....	7
1.3	Ozon som plantevernmiddel.....	7
1.4	Målsetninger	8
2	Material og metode	9
2.1	Forbehandling av settepoteter	9
2.2	Forsøksfelt.....	11
2.3	Produksjon av ozonert vann og behandlinger	13
2.4	Registreringer i felt.....	14
2.5	Statistiske analyser.....	16
3	Resultater	17
3.1	Spireevne	17
3.2	Høyde på potetris.....	19
3.3	Værobservasjoner og tørråteskade	19
3.4	Potetavlinger	21
4	Diskusjon	23
4.1	Forbehandling av settepotetene.....	23
4.2	Spireevne	23
4.3	Høyde potetriset	23
4.4	Tørråteskade	24
4.5	Potetavlinger	25
5	Konklusjon.....	25
6	Litteratur	26

1 Innledning

1.1 Tørråte i potet

Tørråte (*Phytophthora infestans*) er en alvorlig potetsykdom som kan føre til store avlingsskader (Hermansen 2013). Smitten overføres med mikroskopiske sporer (sporangia) som lett blåser fra infisert bladverk på en plante over til en annen. Dette skjer ofte ved varmt og fuktig vær. Også potetknollene kan bli infisert, gjennom kontakt med infiserte rester av potetriset ved høsting. Faren øker i fuktig vær med fuktige overflater på bladene/knollene. Etter 10-12 timer er infeksjonen etablert i knollen. Ved lave temperaturer (3-4°C) som på et potetlager, kan det ta måneder før det er synlige symptomer, men man kan også risikere at potetene råter svært raskt ved noe høyere temperaturer. Infiserte knoller kan føre med seg smitte til neste potetsetting (Meadow et al. 2008).

Innen økologisk potetproduksjon finnes få hjelpemidler mot denne sykdommen. Derfor er det mange produsenter i Europa som behandler potetfeltene med kopperprodukter. Etter regelverket om økologisk landbruk i EU er dette tillatt. Å bruke tungmetaller innen matproduksjon er ikke ønskelig siden det kan ha negativ virkning på miljøet og human helse. Derfor er alternative behandlingsmåter istedenfor kopper etterspurt av både produsenter og forbrukere.

1.2 Bruk av kopper i plantevern

Frem til mars 2017 da EU-regulativene EC 889/2007 og 824/2008 ble implementert i Norge var bruk av kopper for plantevern ikke lovlig her til lands. Nå er reglene for bruk av kopper i økologisk landbruk de samme i Norge som resten av Europa (Katsoulas et al. 2018). Imidlertid er bruken av kopperpreparater til plantevern i Norge fortsatt svært begrenset. Det kan skyldes at informasjon om at bruk av koppersalter er tillatt er lite kjent blant produsenter og veiledere i landbruket. For bruk i økologisk produksjon så er det kun preparatet Nordox som er tillatt. Nordox er et kobber(I)oksid som produseres i Norge. Dette preparatet brukes mest i fruktdyrking som epleproduksjon og maksimal tillatt mengde som er 4 kg/hektar/år. Dette stoffet er meget til ekstremt giftig for akvatiske organismer og har en klar langtidseffekt (VKM 2008), og over tid så akkumuleres kopper i jord. Imidlertid er kopper også et essensielt mikronæringsstoff for planter, og kobberprodukter blir derfor også bruk ved bladgjødsling. Forfatterne av denne rapporten er ikke kjent med om noen bruker Nordox innen potetdyrking i Norge.

1.3 Ozon som plantevernmiddel

Et alternativ til å behandle med kopperprodukter kan være å sprøyte med ozonholdig vann. Ozon er sterkt oksyderende og kan drepe mikroorganismer som virus, bakterier og andre patogene stoffer som soppsporer (Ishizaki et al. 1986, Restaino et al. 1995). Når ozon brytes ned i en oksidasjonsreaksjon blir det produsert oksyngengass (O₂) og ingen skadelige reststoffer. Ozonholdig vann brukes til å desinfisere meierier, helsesenter, akvakulturanlegg og vannrenseanlegg. Ozon brukes også i enkelte land som plantevernmiddel mot soppsykdommer i vinranker (Bhadra 2015). Det er særlig i Texas, USA, at ozonholdig vann blir brukt som plantevern i vinranker. Firmaet AgriOzein har utviklet traktormontert utstyr som egner seg for spraying av vinranker med ozonholdig

vann, og de rapporterer veldig god effekt av behandlingen mot soppsykdommer i vinrankene. I USA er bruk av ozonholdig vann godkjent som et hjelpemiddel og ikke som et sprøytemiddel mot soppsykdommer i landbruket. Derfor må ozongeneratorene som brukes til dette formålet godkjennes enkeltvis. I Europa er ozonholdig vann ikke godkjent brukt hverken som hjelpemiddel eller sprøytemiddel innen matproduksjon. Det skyldes nok i hovedsak at ingen har påtatt seg prosessen med å få det godkjent. Imidlertid er det flere som er i ferd med å teste ut metoden, deriblant MET – Medicine Equipment Technology, Italia. MET har i hovedsak testet bruken av ozonholdig vann i veksthus på ulike vekster og fått gode resultater med hensyn til plantevern mot soppsykdommer. I Norge har NORSØK gjennomført et innledende forsøk for å teste effekten av bruk av ozonholdig vann mot gråskimmel i jordbær dyrket på friland (Wibe 2017, 2020). Det gav lovende resultater som viste at ozonholdig vann kan være et alternativ til bruk av kjemiske sprøytemidler. I prosjektet OzO-bOt, som startet i 2021, vil dette bli testet nærmere av firmaet REDOX AS sammen med NORSØK, NLR og NIBIO.

1.4 Målsetninger

Hovedmålet med dette arbeidet var:

- Å evaluere hvor effektivt det er å bruke ozonholdig vann mot tørråte i potet

Delmål:

- Å utforske effekten av behandling av settepoteten med ozonholdig vann
- Å utforske effekten av behandling av potetriset med ozonholdig vann

2 Material og metode

2.1 Forbehandling av settepoteter

For å være sikker på å få tørråteinfeksjon i forsøksfeltet smittet vi all settepotet før forsøket ble igangsatt. 120 infiserte potetblader (Bilde 1) ble skaffet til vei fra NIBIO - Norsk institutt for bioøkonomi avdeling Plantehelse ved Håvard Eikemo og Vinh Hong Le.



Bilde 1. Ivar Bakken, Sunndalspotet, med tørråteinfiserte potetblader fra NIBIO. Foto: Atle Wibe.

22. mai 2019 ble de infiserte bladene vasket i en bøtte med 7 L vann (15°C) for å lage en suspensjon av sporer fra tørråte. 1,8 kg av denne suspensjonen ble sprayet på 100 kg settepotet av sorten Asterix (Bilde 2) som var fordelt i 24 plastkasser med ett lag med poteter i hver kasse. Til dette ble det brukt en Gardena trykksprøyte på 5 L. Før denne sprayingen var 75 kg av disse potetene blitt vasket i springvann (10°C), mens resten var uvasket.



Bilde 2. Atle Wibe gjennomfører spraying av settepotet med en suspensjon av vann og sporer fra tørråte. Foto: Peggy Haugnes, NORSØK.

Etter sprayingen av potetene ble plastkassene lagret i et mørkt rom (13°C) i to dager. For å opprettholde luftfuktigheten for de infiserte potetene ble kassene pakket inn i vanntett presenning. Arbeidet med vasking og spraying av poteter foregikk på Tingvoll gard, Møre og Romsdal.

24. mai 2019 ble 50 kg med infisert potet fraktet fra Tingvoll til REDOX AS sine lokaler på Averøy, Møre og Romsdal, for å behandles med ozonert vann. En konteiner på 1 m³ vann ble ozonert til 6 ppm ved bruk av en generator med maks kapasitet på 45 g ozon/time ved 10 % konsentrasjon. Seks kasser med til sammen 25 kg potet ble senket ned i det ozonerte vannet i 10 sekunder. Seks andre kasser med også til sammen 25 kg poteter ble senket ned i det ozonerte vannet i 3 minutter (Bilde 3). Etter ozonbehandlingen ble potetene oppbevart i et tørt og mørkt lager inntil de skulle plantes i forsøksfeltet.



Bilde 3. Settepotet infisert med tørråte senkes ned i vann med 6 ppm ozon, av Atle Wibe (t.v.) og Bjørn Karlsen, REDOX. Foto: Peggy Haugnes, NORSØK.

2.2 Forsøksfelt

Et forsøksfelt på 405 m² ble etablert på Tingvoll gard 27. mai 2019 på skiftet «Sagmyra» (Bilde 4). Feltet ble gjødslet med Marihøne Pluss NPK 8-4-5 i en mengde som tilsvarte 150 kg per dekar, dvs. 12 kg nitrogen (N) per dekar. Marihøne er godkjent til bruk i økologisk dyrking, og er laget av tørket hønsegjødsel, kjøttbeinmel og vinasse.



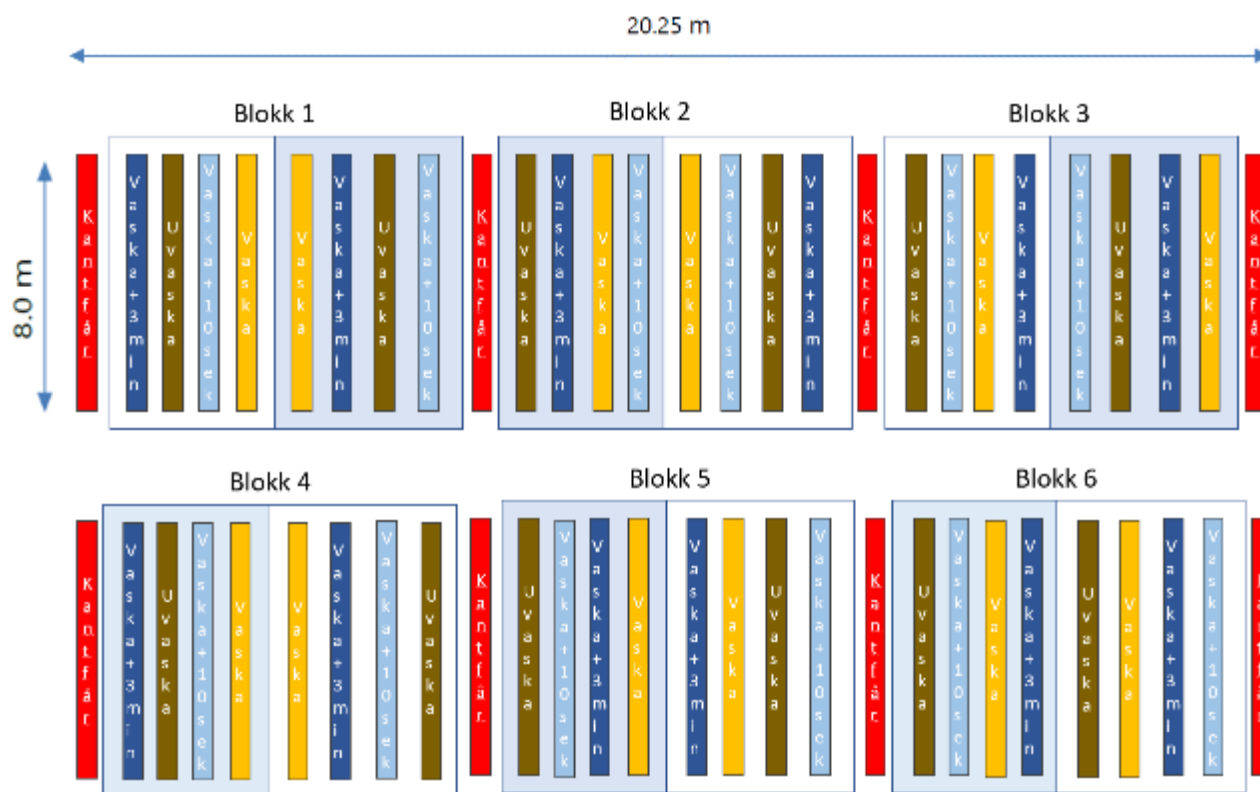
Bilde 4. Etablering av forsøksfelt på Sagmyra 27. mai 2019. Petur Lars i Puntabyrgi aler opp rader med traktor, assistert av Ivar Bakken. Foto: Atle Wibe.

Feltet ble delt inn i seks blokker med åtte rader og radavstand 0,75 m (Figur 1). Hver blokk ble delt i to underblokker som inneholdt fire rader. Hver rad var åtte meter lang, og utgjorde en forsøksrute. Potetene ble plantet med en avstand på 25 cm, og det var 32 settepoteter i hver rad. Ved avlingsregistrering ble en høsterute på 5 m av den midterste delen av hver rad høstet. Mellom hver blokk var det en «kantrad» som ikke var med i forsøket. De fire behandlingene av settepotetene ble tilfeldig fordelt på forsøksruter (rader) innen hver underblokk. De ulike forbehandlingene var:

1. Uvasket, sprayet med suspensjon av soppsporer.
2. Vasket i vann, sprayet med suspensjon av soppsporer.
3. Vasket i vann, sprayet med suspensjon av soppsporer og senket i ozonholdig vann i 10 sekunder
4. Vasket i vann, sprayet med suspensjon av soppsporer og senket i ozonholdig vann i 3 minutter.

Etter oppspiring ble potetriset sprayet med enten rent springvann eller ozonert springvann en gang i uka fra oppspiring og gjennom hele vekstsesongen til høsting.

Forsøket hadde en såkalt «split-plot» design, med seks gjentak (blokker) med to hovedbehandlinger (plot) (spraying med rent springvann eller ozonert springvann) og fire underbehandlinger (split plot) (fire ulike behandlinger av settepoteten). Forsøksoppsettet er presentert i figur 1.



Figur 1. Feltkart som viser forsøksoppsettet bestående av 6 blokker, hver med to hovedbehandlinger som ble sprayet med springvann (hvite felt) eller ozonert vann (lyseblå felt), tilfeldig fordelt innen blokkene. Hver hovedbehandling er inndelt i fire underbehandlinger, der rader med ulik behandling (brun: uvaska, gul: vaska i springvann, lyseblå: vaska og behandlet med ozonert vann i 10 sek., mørkeblå: vaska og behandlet med ozonert vann i 3 minutter) er tilfeldig fordelt. Kantrader mellom blokkene er vist med rød farge.

2.3 Produksjon av ozonert vann og behandlinger

En ozongenerator ble stilt til rådighet for feltforsøket av REDOX AS og montert i et lite skur ca. 100 m fra forsøksfeltet (Bilde 5). Dette var den samme generatoren som ble brukt i forbehandlingen av settepotetene. Ozongeneratoren ble tilkopledd vann og aktivert i forkant av hver runde med påføring av ozonert vann. Det ozonerte vannet ble ledet til en tank før det ble overført til ei ryggssprøyte som ble brukt for å spraye potetriset.



Bilde 5. Ozongenerator montert i et skur nært til forsøksfeltet, med oppsamlingstank for ozonert vann til høyre (blå tønne).
Foto: Atle Wibe.

For spraying av potetriset med enten ozonert vann (ca. 5 ppm) eller rent springvann ble det brukt en ryggssprøyte av typen Solo Comfort med en 16 L tank. Vannet i tanken ble fordelt likt på fire potetrader innen hver blokk, før en ny porsjon med ozonert vann ble tillaget (Bilde 6).



Bilde 6. Spraying av potetris med enten rent springvann eller ozonert vann ved bruk av ei ryggssprøyte. Foto: Atle Wibe

2.4 Registreringer i felt

- Den 25. juni ble spireevnen til settepotetene vurdert ved å registrere hvor mange av de plantede potetene som hadde spirt.
- Høyden på potetriset ble målt 6. august ved bruk av en tomme stokk (Bilde 7). Det ble gjort ved å måle fra jordoverflaten til toppen for alle plantene. Deretter ble snitt bladhøyde beregnet for hver rad og for hver type behandling for hele feltet.
- Den 30. august ble grad av tørråteinfeksjon (%-vis areal av bladene med infeksjon) evaluert ved visuelle observasjoner i blokk 1-5. Blokk 6 ble utelatt da været hindret videre arbeid.
- Den 6. september ble det foretatt en ny evaluering av grad av tørråteinfeksjon. Nå ble alle blokkene evaluert.
- Potetene ble høstet 23.-24. september ved manuelt opptak (Bilde 8). Ved høsting var alt potetris sterkt infisert av tørråte og dødt. Poteter fra hver rad ble lagt i separate sekker. Dagen etter ble alle sekkene med poteter veid.
- Værdata ble innhentet fra Tingvoll Meteorologiske Stasjon som ligger 300 fra forsøksfeltet. Denne målestasjonen er en del av LandbruksMeteorologisk Tjeneste (LMT) som er et prosjekt i regi av Nibio.



Bilde 7. Måling av høyden på potetriset, Tatiana Rittl og Atle Wibe. Foto: Sissel Hansen, NORSØK.



Bilde 8. Peggy Haugnes, NORSØK i gang med høsting av poteter, 23. september 2019. Foto: Atle Wibe.

2.5 Statistiske analyser

Statistiske analyser av resultatene ble gjennomført ved bruk av analyseprogrammet Minitab. Dataene ble kontrollert for avvik fra normalitet og homogenitet for å oppfylle betingelsene for variansanalyse (ANOVA). Prosedyren «Generell lineær modus» ble brukt til å teste effekten av forbehandling (uvasket, vasket, 10 sek. ozonvann, 3 min. ozonvann), behandling i felt (springvann, ozonvann) og eventuelle samspill. Parametere som ble analysert var andel spirte settepoteter, høyde av potetris, dekningsgrad av tørråte på to datoer – 30. august og 6. september 2019, og avling av knoller. Behandling i felt ble behandlet som faste variabler og forbehandlinger som tilfeldige variabler. Forskjeller mellom behandlinger ble ansett som statistisk sikre ved $P < 0,05$ og nevnt som tendenser ved $0,05 < P < 0,1$. For å analysere hvilke behandlinger som var ulike brukte vi Tukey-test. For spireevnen ble det undersøkt om det var noen effekt av forbehandlingen av settepotetene, uten å ta hensyn til behandlingen i felt. Det ble da 12 gjentak i den statistiske modellen.

3 Resultater

3.1 Spireevne

Det var noe ujevn oppspiring, bare 50% av potetene spirte i de dårligste forsøksrutene (17 poteter, Tabell 1), mens de beste rutene hadde en oppspiring på 97 % (31 poteter). I gjennomsnitt for hele forsøksfeltet var det en oppspiring på 75%. Det var ingen sikre forskjeller mellom de fire forbehandlingene av settepoteter (Tabell 1, Figur 2).

Tabell 1. Antall settepoteter som hadde spirt 25. juni 2019 i hver forsøksrute, med ulike forbehandlinger av settepoteten. Felt angitt i blått angir rader som etter oppspiring ble sprayet med ozonholdig vann. Hvite felt angir rader som ble sprayet med springvann.

Blokk 1	
Behandling	TOTALT
Vaska + O ₃ 3 min	26
Uvaska	27
Vaska + O ₃ 10 sek	25
Vaska	24
Vaska	19
Vaska + O ₃ 3 min	19
Uvaska	26
Vaska + O ₃ 10 sek	25
TOTALT	191

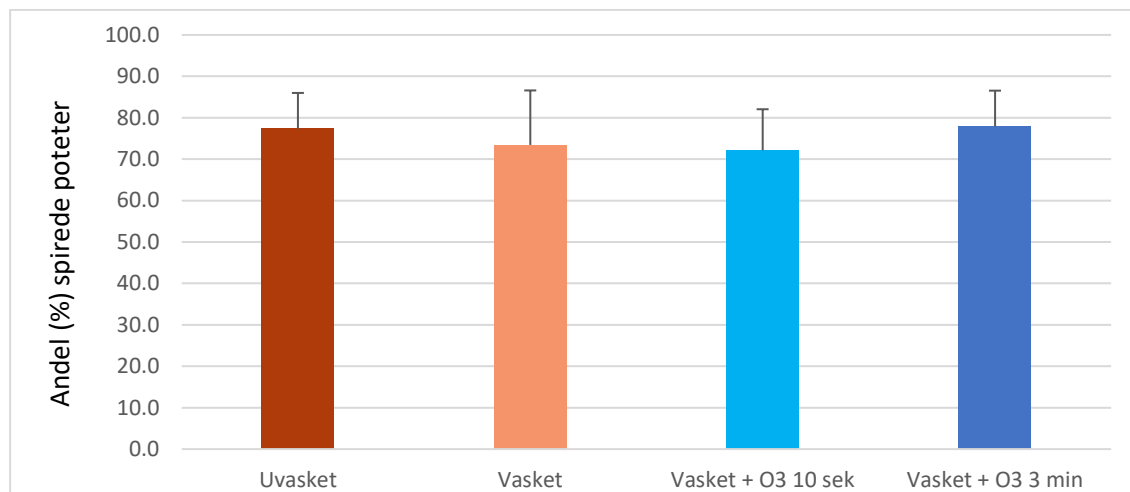
Blokk 2	
Behandling	TOTALT
Uvaska	25
Vaska + O ₃ 3 min	25
Vaska	24
Vaska + O ₃ 10 sek	22
Vaska	25
Vaska + O ₃ 10 sek	20
Uvaska	26
Vaska + O ₃ 3 min	24
TOTALT	191

Blokk 3	
Behandling	TOTALT
Uvaska	24
Vaska + O ₃ 10 sek	25
Vaska	31
Vaska + O ₃ 3 min	25
Vaska + O ₃ 10 sek	22
Uvaska	27
Vaska + O ₃ 3 min	30
Vaska	18
TOTALT	202

Blokk 4	
Behandling	TOTALT
Vaska + O ₃ 3 min	24
Uvaska	17
Vaska + O ₃ 10 sek	24
Vaska	27
Vaska	18
Vaska + O ₃ 3 min	28
Vaska + O ₃ 10 sek	21
Uvaska	24
TOTALT	183

Blokk 5	
Behandling	TOTALT
Uvaska	25
Vaska + O ₃ 10 sek	16
Vaska + O ₃ 3 min	26
Vaska	24
Vaska + O ₃ 3 min	22
Vaska	23
Uvaska	23
Vaska + O ₃ 10 sek	23
TOTALT	182

Blokk 6	
Behandling	TOTALT
Uvaska	26
Vaska + O ₃ 10 sek	26
Vaska	29
Vaska + O ₃ 3 min	26
Uvaska	27
Vaska	20
Vaska + O ₃ 3 min	24
Vaska + O ₃ 10 sek	28
TOTALT	206



Figur 2. Andel (i prosent) oppspirte poteter med ulike forbehandling (n= 12). Standardavvik er vist som vertikale streker for hver søyle. Standardavvikene overlapper hverandre, og det var ingen statistisk signifikante forskjeller mellom behandlingene.

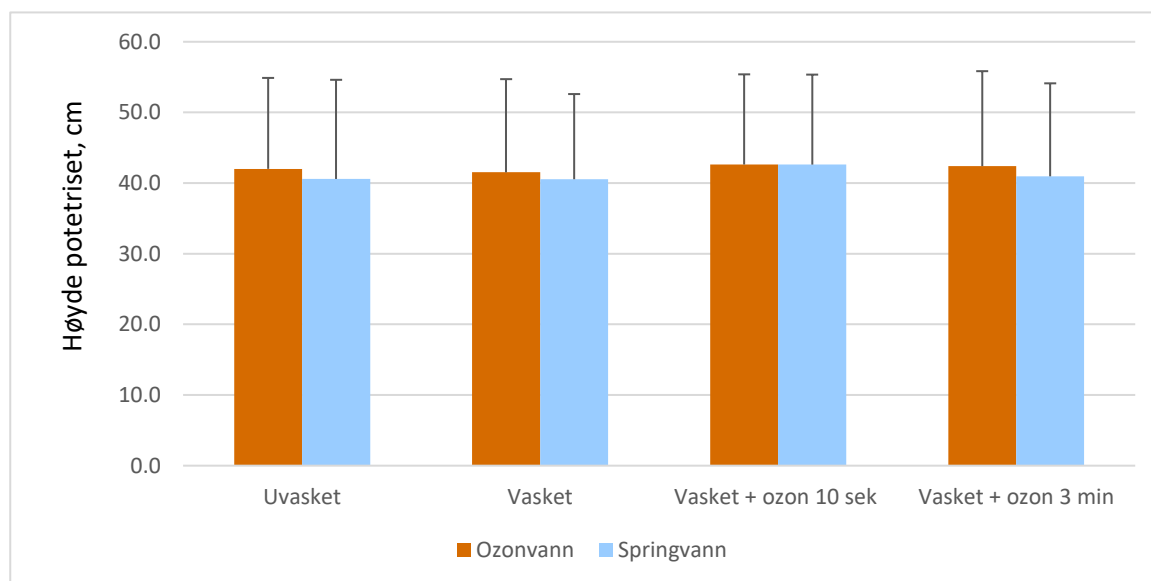
De fleste plantene så friske ut ved registrering av spireevne, men enkelte blader viste infeksjon av tørråte (Bilde 9).



Bilde 9. Potetris av en nylig oppspirt settepotet, 25. 6.2019. Potetriset viser tydelig infeksjon av tørråte. Foto: Atle Wibe

3.2 Høyde på potetris

Det var ingen betydelig forskjell i gjennomsnittlig høyde på potetriset, som varierte fra 40,5 til 42,6 cm i de åtte forsøksleddene (Figur 3.). Settepoteter som hadde blitt forbehandlet med vask og ozonvann i 10 sekunder hadde noe høyere ris enn øvrige behandlinger, men forskjellene var ikke statistisk signifikante.



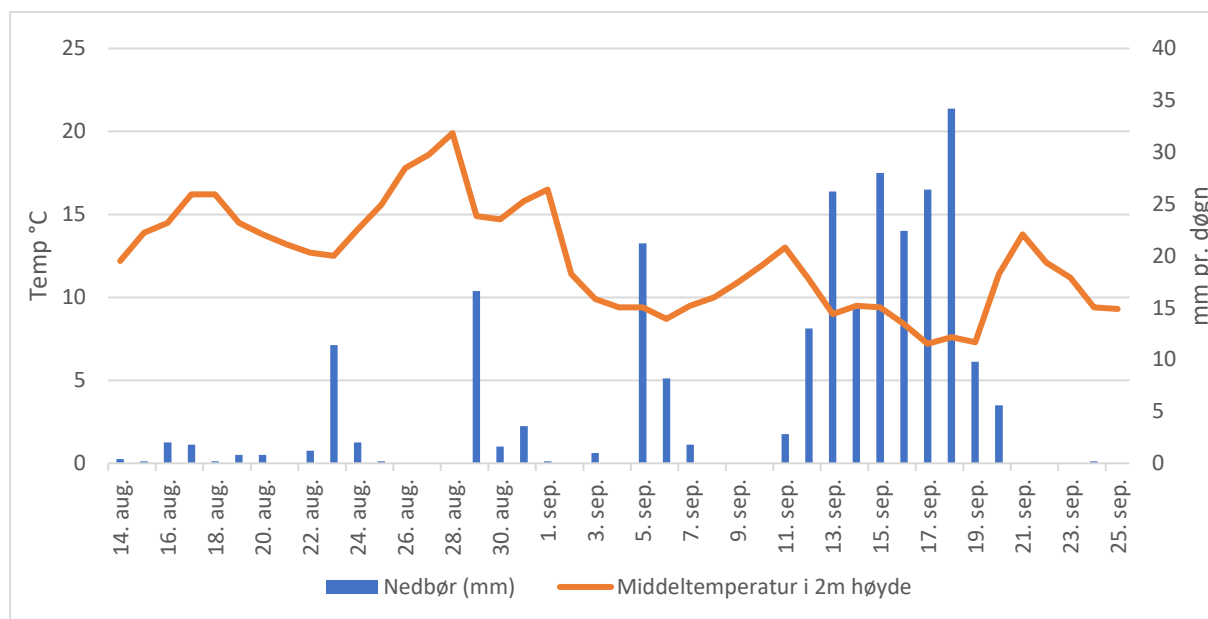
Figur 3. Gjennomsnittlig høyde på potetris målt i felt 6. august 2019 etter ulik forbehandling av settepoteter smittet med tørråtesporer (uvaska, vask, vask + ozon 10 sek og vask + ozon 3 min). Orange stolper viser potetris sprayet med springvann, blå stolper potetris sprayet med ozonholdig vann. Standardavvik er vist som vertikale streker for hver søyle. Det var ingen statistisk signifikante forskjeller mellom behandlingene.

3.3 Værobservasjoner og tørråteskade

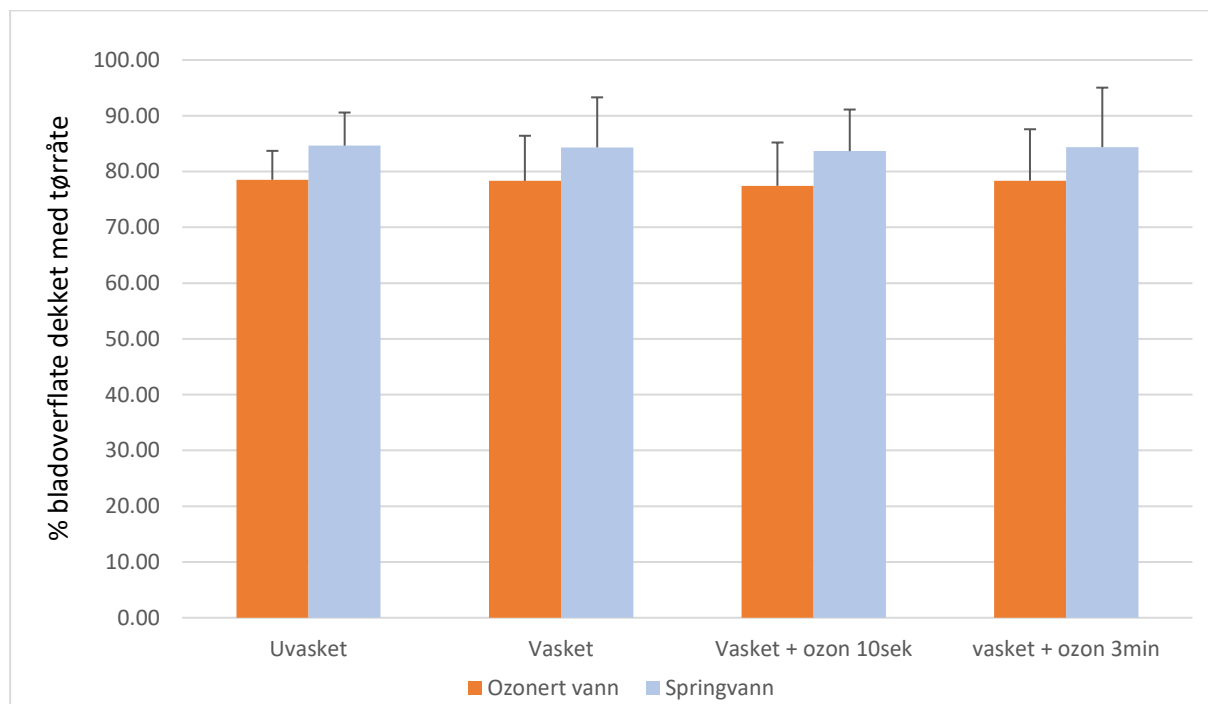
Vekstsesongen 2019 var preget av lite nedbør. Settepotene ble satt i jord 27. mai og i perioden 18. mai – 18. juni ble det ved Tingvoll meteorologiske stasjon registret 79 mm nedbør. I perioden 19. juni-13. august ble registret 0 mm nedbør. Først på slutten av vekstsesongen, i perioden 14. august-25. september ble det registret betydelig mengder nedbør, til sammen 259 mm (Figur 4). Det førte til sen utvikling av tørråten.

Ved første gangs observasjon av omfanget av tørråte, 30. august 2019, var det en klar effekt av ozonbehandling. For 5 av 6 blokker som ble observert var det ca. 7% mer tørråteangrep der riset var sprayet med springvann (gjennomsnitt 84,3% av bladoverflaten angrepet av tørråte) enn med ozonert vann (gjennomsnitt 78,2% angrep). Forskjellen er statistisk sikker ($P=0,022$).

Ozonbehandlingen hadde redusert tørråteangrepet uansett hvilken forbehandling settepotetene hadde fått (Figur 5). Imidlertid var ingen statistisk sikker forskjell mellom de enkelte forbehandlingene med tanke på tørråteangrep på bladene 30.8.2019.



Figur 4. Værdata fra Tingvoll meteorologiske stasjon for perioden 14. august – 25 september 2019. I denne perioden ble det registret 259 mm nedbør. I perioden 18.mai – 18. juni ble det registrert til sammen 79 mm nedbør. I perioden 19. juni – 13. august ble det registret 0 mm nedbør.



Figur 5. Omfang av tørråteinfeksjon (% av bladoverflaten, visuell vurdering) på potetris etter ulike forbehandling av settepoteter og regelmessig spraying av riset med ozonert vann eller springvann, 30. august 2019. Standardavvik angitt for hver gruppe.

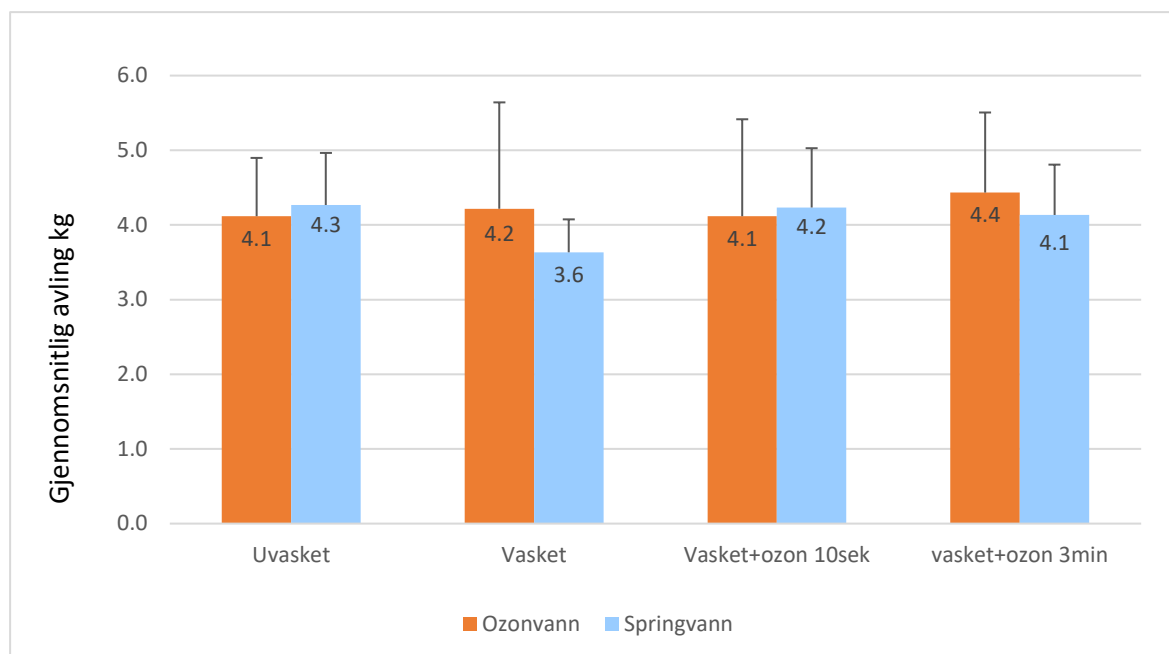
Ved neste vurdering, 6. september var det ikke lenger noen sikker forskjell mellom de to behandlingene i felt. Tørråteangrepet hadde økt siden 30.august, og var i gjennomsnitt 97,2% for forsøksruter sprayet med springvann, og 96,7% for forsøksruter sprayet med ozonert vann.

3.4 Potetavlinger

Alle knoller av poteter som ble høstet ved manuelt opptak ble samlet og veid. Avlingene varierte fra 1,7 til 5,7 kg per forsøksrute (Tabell 2). Arealet av høsteruta var 3,75 m² (5 m x 0,75 m), og poteavlingene varierte dermed fra ca. 453 til 1520 kg per daa, i gjennomsnitt 1100 kg per daa. Gjennomsnittsverdiene for avling ved de ulike behandlingene er vist i figur 6. Til tross for at det ble påvist noe mindre tørråteangrep på poteter sprayet med ozonholdig vann, var det ingen sikre forskjeller mellom poteter sprayet med vann eller ozonholdig vann, eller sikre effekter av forbehandlingen av settepotetene.

Tabell 2. Potetavling i høsteruter med 5 m lengde i hver forsøksrute (rad). Potetriset ble sprayet med springvann (H₂O) eller ozonert vann (Ozon). Hvilken forbehandling settepotetene ble gitt er angitt for hver forsøksrute.

Blokk	Spraying	Forbehandling	Kg	Blokk	Spraying	Forbehandling	Kg
1	H ₂ O	Uvaska	5,5	4	H ₂ O	Uvaska	4,4
1	H ₂ O	Vaska	3,6	4	H ₂ O	Vaska	3,3
1	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 10sek	3,8	4	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 10sek	3,8
1	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 3min	5,0	4	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 3min	4,7
1	Ozon	Uvaska	4,2	4	Ozon	Uvaska	3,4
1	Ozon	Vaska	1,7	4	Ozon	Vaska	5,6
1	Ozon	H ₂ O+O ₃ 10sek	3,4	4	Ozon	H ₂ O+O ₃ 10sek	4,2
1	Ozon	H ₂ O+O ₃ 3min	2,8	4	Ozon	H ₂ O+O ₃ 3min	4,5
2	H ₂ O	Uvaska	3,8	5	H ₂ O	Uvaska	3,5
2	H ₂ O	Vaska	4,0	5	H ₂ O	Vaska	3,0
2	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 10sek	4,5	5	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 10sek	3,5
2	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 3min	4,2	5	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 3min	3,1
2	Ozon	Uvaska	3,6	5	Ozon	Uvaska	3,5
2	Ozon	Vaska	4,8	5	Ozon	Vaska	4,3
2	Ozon	H ₂ O+O ₃ 10sek	4,9	5	Ozon	H ₂ O+O ₃ 10sek	1,9
2	Ozon	H ₂ O+O ₃ 3min	4,2	5	Ozon	H ₂ O+O ₃ 3min	3,9
3	H ₂ O	Uvaska	4,4	6	H ₂ O	Uvaska	4,0
3	H ₂ O	Vaska	3,7	6	H ₂ O	Vaska	4,2
3	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 10sek	5,7	6	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 10sek	4,1
3	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 3min	4,0	6	H ₂ O	H ₂ O+O ₃ 3min	3,8
3	Ozon	Uvaska	5,4	6	Ozon	Uvaska	4,6
3	Ozon	Vaska	3,6	6	Ozon	Vaska	5,3
3	Ozon	H ₂ O+O ₃ 10sek	4,8	6	Ozon	H ₂ O+O ₃ 10sek	5,5
3	Ozon	H ₂ O+O ₃ 3min	5,7	6	Ozon	H ₂ O+O ₃ 3min	5,5



Figur 6. Gjennomsnittlig potetavling i kg per forsøksrute (angitt for hver søyle) i seks blokker (gjentak) med fire ulike forbehandlinger av settepotetene (angitt under søylene) og to ulike behandlinger av potetriset (ozonvann og springvann). Standardavvik er vist som loddrette streker over søylene. Disse dekker hverandre, og det var ingen statistisk signifikante forskjeller mellom behandlingene.

4 Diskusjon

4.1 Forbehandling av settepotetene

Da vi startet forsøket var vi bekymret for at vi kanskje ikke ville få noe tørråteinfeksjon. Der forsøksfeltet ble anlagt er det ikke kjent at det tidligere har blitt dyrket poteter. Heller ikke på andre gårder i nærheten blir det dyrket poteter, kun i privathager. Derfor kontaktet vi NIBIO for å skaffe soppsporer for å smitte settepotetene til forsøket. NIBIO har erfaring og ekspertise innen forskning på tørråte i potet og kunne forsyne oss med slike patogene stoffer og instruksjon om hvordan man skulle foreta smitte av settepoteten. Vi fulgte instruksjonen og alle settepotetene ble infisert av sykdommen.

To dager etter soppsmitten behandlet vi en del av settepotetene med ozonert vann i 10 sekunder, og en annen del i tre minutter. Med kjennskap og erfaring med at ozonert vann effektivt desinfiserer utstyr til for eksempel akvakultur, var vi sikre på at behandlingen som de infiserte potetene fikk ville drepe soppsporene. Imidlertid så ser det ut til at soppen allerede hadde rukket å vokse inn under skallet på potetene etter infeksjonen og var beskyttet mot behandlingen med ozonvann. Dette forklarer hvorfor det ble små forskjeller mellom de fire forbehandlingene av settepoteter i forsøket.

Ozonvann ser ut til å ha kontaktvirkning (dreper smitte som ligger på overflata at potetknoll og ris slik at ozonvannet kommer i kontakt med smittepartiklene (zoosporene)). Ozonvannet har ikke systemisk virkning (transporteres ikke inn i knoll eller ris og dreper derfor ikke smitte som er inne i knoll eller ris).

4.2 Spireevne

Spireevnen i de enkelte forsøksrutene/radene varierte fra 17 til 31 oppspirte poteter ved registreringen 25. juni, noe som er en betydelig forskjell. Imidlertid var det ingen sikker effekt av forbehandling av settepotetene på antall oppspirte poteter. Forskjellen i oppspiring i de ulike radene må da skyldes andre forhold. Siden plantedybde, jorddekke og gjødselmengde var tilnærmet likt for alle radene, kan det ikke utelukkes at de individuelle settepotetene responderte ulikt på smitten av tørråte. De fleste oppspirte plantene var tilsynelatende friske uten symptomer på tørråte, men enkelte planter hadde tydelig infeksjon av soppen på bladene ved oppspiring. At poteter ikke spirte kan da skyldes at de var for mye hemmet av soppinfeksjon som hadde vokst inn i settepoteta før vi foretok «ikke systemisk behandling» (overflatebehandling) av settepotetene.

4.3 Høyde potetriset

Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller på høyden av potetriset mellom de ulike forsøksleddene da dette ble målt 6. august. Da grad av tørråteinfeksjon ble evaluert først 30. august er det uvisst om det på tidspunkt for måling av høyde av potetris var noen forskjell i infeksjonsgrad mellom gruppene. Derfor kan ikke resultatene fra høydemålingen brukes som noen indikasjon på eventuell tørråteinfeksjon.

4.4 Tørråteskade

Allerede ved vurdering av spireevne 25. juni ble det observert enkelte oppspirte blader som var sterkt infisert med tørråte. Men det ble ikke foretatt noen grundig vurdering av infeksjonsgraden ved dette tidspunktet. Graden av tørråteinfeksjon ble vurdert den 30. august. Da var angrepet allerede kommet langt, og ca. 80% av bladoverflaten var angrepet. Mesteparten av den observerte tørråten er nok primærsmitte som har vokst opp til blada fra settepoteten inne i potetplanta. Det var signifikant mindre tørråte på potetriset som ble sprayet med ozonert vann i forhold til det som ble sprayet med springvann. Det viser at spraying av ozonert vann kan være et hjelpemiddel til å kontrollere tørråte på potetris. Mest sannsynlig har det, trass i svært tørt vær i denne perioden, forekommet noe sekundærinfeksjon (hatt litt spredning av nye zoosporer som har spirt på bladoverflata). Ozonvannet kan ha drept zoosporer før de rakk å spire mens de lå på bladoverflata. Alternativt så kan det tenkes at ozonvann kan ha en viss translaminaer effekt slik at det kanskje til en viss grad kan hindre videre soppvekst inne i blada. Alle potetplanter og så og si alle potetblad i forsøksfeltet hadde tørråteinfeksjon. Den svært langsomme spredningen som vi observerte av tørråte på det enkelte potetblad gjør at vi stiller spørsmål om ozonvann faktisk kan ha en viss translaminaer effekt.

Ved neste vurdering den 6. september hadde tørråten utviklet seg til å dekke nesten 100% av bladoverflaten i alle forsøksleddene. Det kan skyldes at det kom en betydelig nedbørsmengde i rett før observasjonsdato (figur4). Det var da ikke lenger sikre forskjeller mellom behandlingene.

Smitten av settepotetene med tørråtesporer før setting ga et betydelig angrep av primærsmitte av tørråte som stod neste uten å utvikle seg videre helt til regnet kom i august/september. Etter at dette regnet kom fikk vi ei svært rask utvikling som førte til at alt potetriset ble fullstendig ødelagt tidlig i september. Det er altså en effektiv metode å oppnå et betydelig tørråteangrep på. Vasking med vann, og deretter desinfeksjon med ozonholdig vann med en ozonkonsentrasjon som vanligvis brukes til rensing av blant annet brønnbåter, var ikke tilstrekkelig til å hemme utvikling av tørråte på settepotetene. Dette skyldes antakelig at sporene hadde spirt og kommet seg inn gjennom skallet på potetene før desinfeksjon med ozonholdig vann. I praksis betyr det at for settepoteter som er infisert med tørråte vil smitten etter allerede to døgn, sitte innenfor skallet. Behandling av settepoteter med ozonholdig vann vil da ikke ha nevneverdig effekt på smitte av tørråte fra settepoteter til potetris. Det er i felt for å unngå luftbåren smitte at eventuelle tiltak med ozonbehandling må settes inn, i kombinasjon med at smittede planter lukes ut. Dette er en viktig konklusjon, fordi den viser hvor videre forskningsinnsats med ozonholdig vann som planteverntiltak i poteter bør prioriteres.

Hvis settepotetene ikke hadde blitt smittet på forhånd, kunne det kanskje vært mulig å hindre utvikling av tørråte på potetriset fra luftbåren smitte ved å spraye med ozonholdig vann. Dette ble ikke undersøkt her, og et slikt forsøk vil være krevende å gjennomføre i praksis. Selv om tørråte vanligvis er en utfordring for økologiske potetdyrkere, hender det at værforholdene er slik at tørråten ikke angriper. Dette skjedde faktisk sommeren 2019, da NORSØK i et annet prosjekt (POTETGIV) gjennomførte et feltforsøk på tre steder i Midt-Norge for å se om tidlige potetsorter kunne dyrkes økologisk og brukes til vinterlagring. Planen var å fjerne riset straks tørråten angrep, men til forskernes overraskelse så ble det ikke tørråteangrep i noen av feltene (Løes m.fl. 2020). Selv i et år med «vanlig» tørråtesmitte vil det være krevende å få luftbåren smitte til å komme jevnt inn i et forsøksfelt. Et slikt forsøk bør derfor anlegges med større forsøksruter enn det som ble brukt her

eller man kan sette noen knoller med tørråtesmitte jevnt fordelt i kantrutene i forsøksfeltet. Tidligere undersøkelser i andre vekster (vindruer, jordbær) har vist at ozonholdig vann kan være effektivt mot gråskimmel (*Botrytis cinerea*) (Bhadra 2015, Wibe 2017, 2020)

4.5 Potetavlinger

Den høyeste avlingen (4,4 kg/5 m rad) ble registrert i forsøksleddet der settepotetene var forbehandlet med vask og ozonholdig vann i 3 minutter, og etter oppspiring sprayet med ozonholdig vann (fig. 6). Lavest avling (3,6 kg/5 m rad) ble registrert i forsøksleddet der settepotetene var forbehandlet med vask uten ozonbehandling, og etter spiring sprayet med springvann. I gjennomsnitt for alle forbehandlinger var gjennomsnittlig avling 4,2 kg/rad med spraying med ozonholdig vann, og 4,05 kg ved spraying med springvann. Selv om forskjellen mellom forsøksleddene ikke var statistisk sikker, samsvarer dette resultatet med at det ble funnet et større angrep av tørråte på potetris som bare var sprayet med vann ved første evaluering av tørråteangrep i felt. Avlingene var lave, i gjennomsnitt 1100 kg per daa, og viser at veksten ble betydelig hemmet av tørråteangrepet i alle forsøksleddene.

5 Konklusjon

Denne undersøkelsen har vist at spraying av potetriset med ozonholdig vann kan redusere utviklingen av tørråte på bladene. Imidlertid er effekten begrenset når potetriset er sterkt infisert med smitte fra settepotetene, slik som her. Undersøkelsen har videre vist at å smitte settepoteter med sporer av tørråte fra potetblad med tørråtesmitte er en effektiv måte å etablere tørråtesmitte i et forsøksfelt med poteter.

Forbehandling av infiserte settepoteter med ozonert vann har ingen effekt, hverken en kort behandling på 10 sekunder eller en lang behandling på 3 minutter. Det skyldes antakelig at sopphyfene til tørråte vokser raskt inn skallet til poteten etter infeksjon. Der ligger de beskyttet slik at ozonet har kontaktvirkning og ikke kommer til inne i knollen/plantene. Dette viser at behandling av settepoteter med ozonholdig vann sannsynligvis ikke vil eliminere tørråtesopp, hvis settepotetene er smittet av tørråte.

Denne undersøkelsen vurderte ikke om behandling med ozonholdig vann kan hindre vindbåren infeksjon av tørråtesporer, noe som er den vanligste smittemåten for tørråte i storskala potetdyrking. Dette er et aktuelt tema for videre forskning

6 Litteratur

- Bhadra, R. (2015) Using ozone for integrated pest management in viticulture. *Engineering and Technology for Sustainable World*. 22(4):15-17
- Hermansen, A (2013) Potettørråte, Plantevernleksikonet, NIBIO
<https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/281/>
- Ishizaki, K., Shinriki, N., Matsuyama, H. (1986) Inactivation of *Bacillus* spores by gaseous ozone. *Journal of Applied Microbiology*, 60: 67-72.
- Katsoulas, N., Løes, A-K., Andrivon, D., Cirvilleri, G., de Cara, M., Kir, A., Knebl, L., Malińska, K., Oudshoorn, F.W., Raskin, B., Schmutz, U. (2018) Current use and legal status of crop protection inputs. *Organic Plus*, Report 63-69. <https://orgprints.org/id/eprint/34356/>
- Løes, A.-K., Bach, O., Bakken, I., Grønmyr, F., Møllerhagen, P. J., Aarak, K. (2020) Ny giv for midtnorsk øko-potet med tidlige sorter og god agronomi? NORSØK rapport (5)13, 49 sider.
- Meadow R., Brandsæter, L.O., Birkenes, S.M., Hermansen, A. (2008) Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk, Bind 2 – Grønnsaker og potet. FOKUS NIBIO, 3(10), 109-115.
- Restaino, L., Frampton, E.W., Hemphill, J.B., Palnikar, P. (1995) Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology* 61(9): 3471-3475
- VKM - Vitenskapskomiteen for mattrygghet (2008) Risikovurdering av plantevernmidlet Nordox 75 WG med det virksomme stoffet kobber(I)oksid. Rapport 2008:05, 07/236-endelig, 13 sider.
- Wibe, A. (2017) Ozonvann mot gråskimmel i jordbær. NORSØK rapport (2)7, 18 sider.
- Wibe, A. (2020) Kartlegging av kunnskap om muligheter for bruk av ozonholdig vann som plantevernmiddel mot gråskimmel i jordbær. NORSØK rapport (5)2, 28 sider.



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.

Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Besøks- /postadresse

Gunnars veg 6
6630 Tingvoll

Kontakt

Tlf. +47 930 09 884
E-post: post@norsok.no
www.norsok.no